GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CAPTACIÓN DE MANANTIALES



ÁREA DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y SALUD AMBIENTAL





Lima, 2004



El presente documento fue elaborado por el consultor ingeniero Roger Agüero para la Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Contenido

INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta guía es el de proporcionar a los profesionales información y conceptos actualizados, y las herramientas necesarias para el diseño y construcción de captaciones de agua de manantiales para sistemas de agua potable. Para tal efecto, la guía estará dividida en cuatro capítulos.

El primero incluirá información sobre los aspectos generales relacionados a las definiciones y glosario de términos. Asimismo, el segundo capítulo se detallará información sobre las fuentes de abastecimiento, tipos de sistemas y periodos y caudales de diseño.

El tercer capítulo desarrollará los diseños de las obras de dos tipos de captaciones; por un lado, de un manantial de ladera y concentrado y, por otro, de un manantial de fondo y concentrado. En cada caso, se detallará su diseño hidráulico, su dimensionamiento y su diseño estructural.

En el capítulo cuarto, se presentará información para la construcción de captaciones en manantiales de ladera y de fondo.

Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales

Capítulo I. Generalidades

1.1 Definiciones

- *Afloramiento:* Punto o zona por donde fluye el manantial hacia la superficie.
- *Aforo:* Medición del flujo del manantial expresado generalmente en lt/seg.
- *Aleros:* Parte de la estructura de la captación que actúa como barrera impermeable, marca el límite lateral de la captación y permite que el agua sea conducida a la cámara húmeda.
- *Área de captación:* Área comprendida entre la cámara húmeda, los aleros y la zona o punto de afloramiento.
- *Área de protección:* Sector circular comprendido entre la captación y un radio de 100 a 150 m hacia atrás como medida de recarga del acuífero.
- *Barraje:* Presa que permite concentrar el caudal del manantial para conducirlo a la cámara húmeda.
- *Cámara húmeda:* Compartimiento donde se colecta toda el agua captada.
- *Cámara seca:* Compartimiento donde se ubican las válvulas y accesorios de control de la captación.
- *Límite de protección:* Perímetro alrededor de la caja de captación que debe ser preservada como protección a la contaminación.
- *Manantial de ladera:* Agua subterránea que fluye hacia la superficie por efecto de la gravedad.
- *Material permeable:* Grava clasificada por donde discurre el agua entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda.
- *Rebose:* Sistema que permite evacuar el excedente de agua hacia el exterior de la captación.
- *Sellado:* Capa de concreto o material impermeable que se dispone sobre el material permeable, para evitar la contaminación de las aguas colectadas.
- *Ventana:* Orificio por donde fluye el agua hacia la cámara húmeda.
- *Zanja de coronación:* Es un canal perimetral ubicado en la parte superior de la captación, que permite colectar las aguas superficiales producto de las precipitaciones. Protege a la captación de contaminación por aguas superficiales.
- *Manantial de fondo:* Agua subterránea que fluye hacia la superficie por efecto de la presión ejercida por el acuífero confinado, también denominado de flujo artesiano.

Capítulo II. Fuentes de abastecimiento, tipos de sistemas y periodos de diseño

2.1 Fuentes de abastecimiento

Las fuentes de agua constituyen el principal recurso en el suministro de agua en forma individual o colectiva para satisfacer sus necesidades de alimentación, higiene y aseo de las personas que integran una localidad.

Su ubicación, tipo, caudal y calidad del agua serán determinantes para la selección y diseño del tipo de sistema de abastecimiento de agua ha construirse. Cabe señalar que es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para dotar de agua en cantidad suficiente a la población y, por otro, realizar el análisis físico, químico y bacteriológico del agua y evaluar los resultados con los valores de concentración máxima admisible recomendados por la OMS. Además de estos requisitos, la fuente de agua debe tener un caudal mínimo en época de estiaje igual o mayor al requerido por el proyecto; que no existan problemas legales de propiedad o de uso que perjudiquen su utilización y; que las características hidrográficas de la cuenca no deben tener fluctuaciones que afecten su continuidad.

2.1.1 Tipos de fuentes de agua

- ✓ Agua de lluvia

  El agua de lluvia se emplea en aquellos casos en que no es posible obtener agua superficial de buena calidad y cuando el régimen de lluvia sea importante. Para ello se utilizan los techos de las casas o algunas superficies impermeables para captar el agua y conducirla a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico.

- ✓ Aguas superficiales

  Las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. que discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba. Sin embargo, no existe otra fuente alternativa en la comunidad, siendo necesario para su utilización, contar con la información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua.

- ✓ Aguas subterráneas

  Parte de las precipitaciones en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de éstas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.
  La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares).

2.2 Tipos de sistemas

De acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, así como a la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistemas: Los de gravedad y los de bombeo.

En los sistemas de agua potable por gravedad, la fuente debe estar ubicada en la parte alta de la población para que el agua fluya a través de tuberías, usando sólo la fuerza de la gravedad. En los sistemas de agua potable por bombeo, las fuentes de agua se encuentran en la parte baja de la población, por lo que necesariamente se requiere de un equipo de bombeo para elevar el agua hasta un reservorio y dar presión en la red.

En la mayoría de las poblaciones rurales se utilizan dos tipos de fuentes de agua: Las superficiales y las subterráneas, siendo la de mejor calidad las fuentes subterráneas representadas por los manantiales, que usualmente se pueden usar sin tratamiento, a condición de que estén adecuadamente protegidos con estructuras que impidan la contaminación del agua. Estas fuentes son las que se utilizan en los sistemas de agua potable por gravedad sin tratamiento, que comparado con los de bombeo y/o de tratamiento, son de fácil construcción, operación y mantenimiento; tienen mayor continuidad; menores costos, y la administración del servicio es realizada por la misma población.

✓ Manantiales

Se puede definir al manantial como un lugar donde se produce el afloramiento natural de agua subterránea. Por lo general el agua fluye a través de una formación de estratos con grava, arena o roca fisurada. En los lugares donde existen estratos impermeables, éstos bloquean el flujo subterráneo de agua y permiten que aflore a la superficie.

Los manantiales se clasifican por su ubicación y su afloramiento. Por su ubicación son de ladera o de fondo; y por su afloramiento son de tipo concentrado o difuso.

En los manantiales de ladera el agua aflora en forma horizontal; mientras que en los de fondo el agua aflora en forma ascendente hacia la superficie. Para ambos casos, si el afloramiento es por un solo punto y sobre un área pequeña, es un manantial concentrado y cuando aflora el agua por varios puntos en un área mayor, es un manantial difuso.

a) Cantidad

La carencia de registros hidrológicos nos obliga a realizar una concienzuda investigación de las fuentes. Lo ideal sería que los aforos se realizarán en temporada crítica de rendimientos que corresponde a los meses de estiaje y lluvias, con la finalidad de conocer los caudales máximos y mínimos. El caudal mínimo debe ser mayor al valor del consumo máximo diario (Qmd). El Qmd representa la demanda de la población al final de la vida útil considerado en el proyecto, siendo por lo general, de 20 años para las obras de agua potable.

b) Calidad

Los requerimientos básicos para que el agua sea potable:

- Estar libre de organismos patógenos causantes de enfermedades.
- No contener compuestos que tengan un efecto adverso, agudo o crónico sobre la salud humana.
- Ser aceptablemente clara (baja turbidez, poco color, etc.).
- No salina.
- Que no contenga compuestos que acusen sabor y olor desagradables.
- Que no cause corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento de agua, y que no manche la ropa lavada con ella.

En cada país existen reglamentos en los que se consideran los límites de tolerancia en los requisitos que debe satisfacer una fuente. Con la finalidad de conocer la calidad de la fuente que se pretende utilizar se deben realizar los análisis fisicoquímico y bacteriológico y conocer los rangos tolerables de la OMS, que son los referentes en el tema.

2.3 Población, periodos y caudales de diseño

a) Población de diseño

El proyectista adoptará el criterio más adecuado para determinar la población futura, tomando en cuenta para ello datos censales y proyecciones u otra fuente que refleje el crecimiento poblacional, los que serán debidamente sustentados.

b) Período de diseño

Los períodos de diseño de los diferentes elementos del sistema se determinarán considerando los siguientes factores:

- Vida útil de las estructuras y equipos.
- Grado de dificultad para realizar la ampliación de la infraestructura.
- Crecimiento poblacional.
- Capacidad económica para la ejecución de obras.

El período de diseño recomendado para la infraestructura de agua y saneamiento para los centros poblados rurales es de 20 años, con excepción de equipos de bombeo que es de 10 años.

c) Dotación y consumo

Mientras no exista un estudio de consumo, podrá tomarse los siguientes valores guías, teniendo en cuenta la zona geográfica, clima, hábitos y costumbres, y niveles de servicio a alcanzar.

Para los centros poblados sin proyección de servicios de alcantarillado:
Costa: 50 l/h/d
Sierra: 40 l/h/d
Selva: 60 l/h/d

Para los centros poblados, con proyección de servicios de alcantarillado:
Costa: 120 l/h/d
Sierra: 100 l/h/d
Selva: 140 l/h/d

Para el consumo máximo diario (Qmd) se considera un valor de 1,3 del consumo promedio diario anual (Qm); mientras que para el consumo máximo horario (Qmh) se considera un valor de 2 del consumo promedio diario anual (Qm).

Capítulo III. Captación de manantiales

Elegida la fuente de agua e identificada como el primer punto del sistema de agua potable en el lugar del afloramiento, se construye una estructura de captación que permita recolectar el agua, para que luego pueda ser transportada mediante las tuberías de conducción hacia el reservorio de almacenamiento. La fuente en lo posible no debe ser vulnerable a desastres naturales, en todo caso debe contemplar las seguridades del caso.

El diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación dependerán de la topografía de la zona, de la textura del suelo y de la clase del manantial; buscando no alterar la calidad y la temperatura del agua ni modificar la corriente y el caudal natural del manantial, ya que cualquier obstrucción puede tener consecuencias fatales; el agua crea otro cauce y el manantial desaparece.

Es importante que se incorporen características de diseño que permitan desarrollar una estructura de captación que considere un control adecuado del agua, oportunidad de sedimentación y facilidad de inspección y operación.

3.1 Tipos de captación

Como la captación depende del tipo de fuente y de la calidad y cantidad de agua, el diseño de cada estructura tendrá características típicas.

Cuando la fuente de agua es un manantial de ladera y concentrado, la captación constará de tres partes: La primera, corresponde a la protección del afloramiento; la segunda, a una cámara húmeda para regular el gasto a utilizarse; y la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger la válvula de control. El compartimiento de protección de la fuente consta de una losa de concreto que cubre toda la extensión del área adyacente al afloramiento de modo que no exista contacto con el ambiente exterior, quedando así sellado para evitar la contaminación. Junto a la pared de la cámara existe una cantidad de material granular clasificado, que tiene por finalidad evitar el socavamiento del área adyacente a la cámara y de aquietamiento de algún material en suspensión. La cámara húmeda tiene una canastilla de salida para conducir el agua requerida y un cono de rebose para eliminar el exceso de producción de la fuente.

Si se considera como fuente de agua un manantial de fondo y concentrado, la estructura de captación podrá reducirse a una cámara sin fondo que rodee el punto donde el agua brota. Constará de dos partes: La primera, la cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regular el gasto a utilizarse; la segunda, una cámara seca que sirve para proteger las válvulas de control de salida y desagüe. La cámara húmeda estará provista de una canastilla de salida y tuberías de rebose y limpia.

Si existen manantiales cercanos unos a otros, se podrá construir varias cámaras de las que partan tubos o galerías hacia una cámara de recolección de donde se inicie la línea de conducción. Adyacente a la cámara colectora se considera la construcción de la cámara seca cuya función es la de proteger la válvula de salida de agua.

3.2 Captación de un manantial de ladera y concentrado

a) Diseño hidráulico y dimensionamiento

Para el dimensionamiento de la captación es necesario conocer el caudal máximo de la fuente, de modo que el diámetro de los orificios de entrada a la cámara húmeda sea suficiente para captar este caudal o gasto. Conocido el gasto, se puede diseñar el área de orificio sobre la base de una velocidad de entrada no muy alta y al coeficiente de contracción de los orificios.

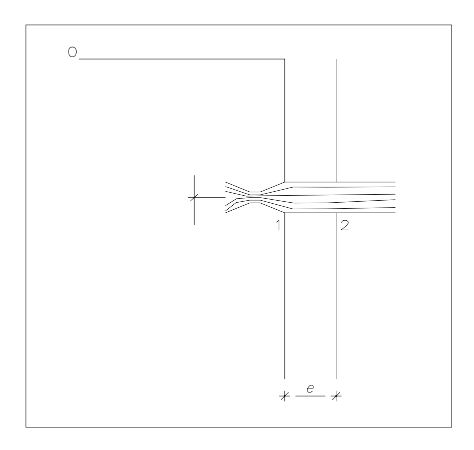


Figura 1.1 Flujo de agua en un orificio de pared gruesa

✓ <u>Calculo de la distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda.</u>

Es necesario conocer la velocidad de pase y la pérdida de carga sobre el orificio de salida (figura 1.1). Según la ecuación de Bernoulli entre los puntos 0 y 1, resulta:

$$\frac{P_0}{\delta} + h_0 + \frac{V_0^2}{2g} = \frac{P_1}{\delta} + h_1 + \frac{V_1^2}{2g}$$

Considerando los valores de P_0, V_0, P_1 y h_1 igual a cero, se tiene:

$$h_0 = \frac{V_1^2}{2g} \qquad (1)$$

Donde:

h_0 = Altura entre el afloramiento y el orificio de entrada (se recomienda valores de 0,40 a 0,50 m.)
V_1 = Velocidad teórica en m/s.
g = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s^2).

Mediante la ecuación de continuidad considerando los puntos 1 y 2, se tiene:

$Q_1 = Q_2$

$Cd \times A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$

Siendo $A_1 = A_2$

$$V_1 = \frac{V_2}{Cd} \qquad (2)$$

Donde:

V_2 = Velocidad de pase (se recomienda valores menores o iguales a 0,6 m/s).
Cd = Coeficiente de descarga en el punto 1 (se asume 0,8).

Reemplazando el valor de V_1 de la ecuación (2) en la ecuación (1), se tiene:

$$h_0 = 1.56 \frac{V_2^2}{Cd}$$

h_0 es definida como la carga necesaria sobre el orificio de entrada que permite producir la velocidad de pase.

En la figura 1.2 se observa:

$H = H_f + h_0$

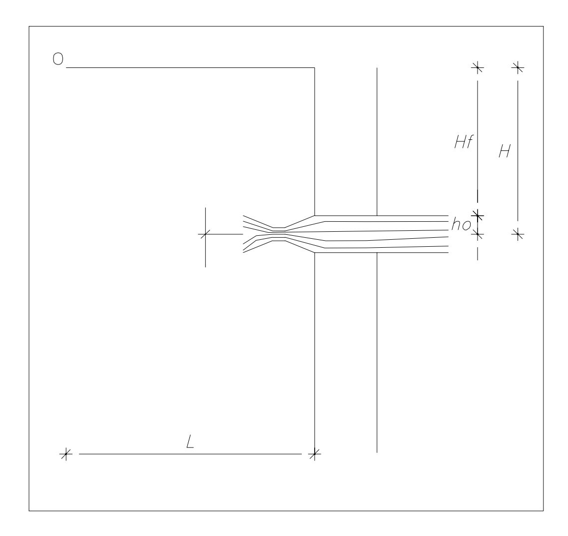


Figura 1.2 Carga disponible y pérdida de carga

Donde H_f es la pérdida de carga que servirá para determinar la distancia entre el afloramiento y la caja de captación (L).

$H_f = H - h_o$

$H_f = 0.30 \times L$

$L = H_f / 0.30$

✓ Ancho de la pantalla (b)

Para determinar el ancho de la pantalla es necesario conocer el diámetro y el número de orificios que permitirán fluir el agua desde la zona de afloramiento hacia la cámara húmeda. Para el cálculo del diámetro de la tubería de entrada (D), se utilizan las siguientes ecuaciones.

Qmáx. = V x A x Cd

Qmáx. = A Cd $(2 \, g \, h)^{1/2}$

Donde:

Q máx. = Gasto Máximo de la fuente en l/s.

V = Velocidad de paso (se asume 0,50 m/s, siendo menor que el valor máximo recomendado de 0,60 m/s).
A = Área de la tubería en m^2
Cd = Coeficiente de descarga (0,6 a 0,8).
G = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s^2)
h = Carga sobre el centro del orificio (m).

El valor de A resulta:

$$A = \frac{Qmáx.}{CdxV} = \frac{\pi D^2}{4}$$

Considerando la carga sobre el centro del orificio el valor de A será:

$$A = \frac{Qmáx.}{Cd(2gh)^{1/2}} = \frac{\pi D^2}{4}$$

El valor de D será definido mediante:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

Número de orificios: Se recomienda usar diámetros (D) menores o iguales de 2". Si se obtuvieran diámetros mayores, será necesario aumentar el número de orificios (NA), siendo:

$$NA = \frac{Área\ del\ diámetro\ calculado}{Área\ del\ diámetro\ asumido} + 1$$

$$NA = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 + 1$$

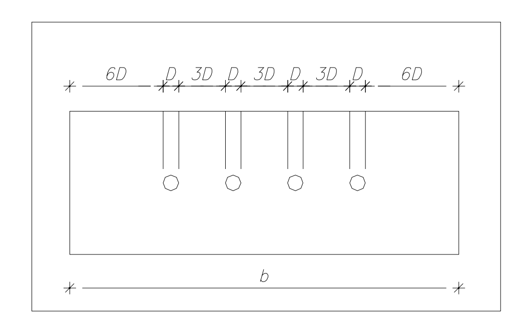


Figura 1.3 Distribución de los orificios de pantalla frontal

Para el cálculo del ancho de la pantalla, se asume que para una buena distribución del agua los orificios se deben ubicar como se muestra en la figura 1.3.

Siendo:

"d" el diámetro de la tubería de entrada
"b" el ancho de la pantalla

Conocido el número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada, se calcula el ancho de la pantalla (b) mediante la siguiente ecuación:

$$b = 2(6D) + NA\ D + 3D\ (NA - 1)$$
$$b = 12\ D + NAD + 3\ NAD - 3D$$
$$b = 9D + 4\ NAD$$

Donde:

b = Ancho de la pantalla
D = Diámetro del orificio
NA = Número de orificios

✓ Altura de la cámara húmeda

En base a los elementos identificados de la figura 1.4, la altura total de la cámara húmeda se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H_t = A + B + H + D + E$$

Donde:

A = Se considera una altura mínima de 10 cm. Que permite la sedimentación de la arena.
B = Se considera el diámetro de salida.
H = Altura de agua sobre la canastilla.
D = Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua del afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (mínimo 5 cm.).
E = Borde libre (mínimo 30 cm).

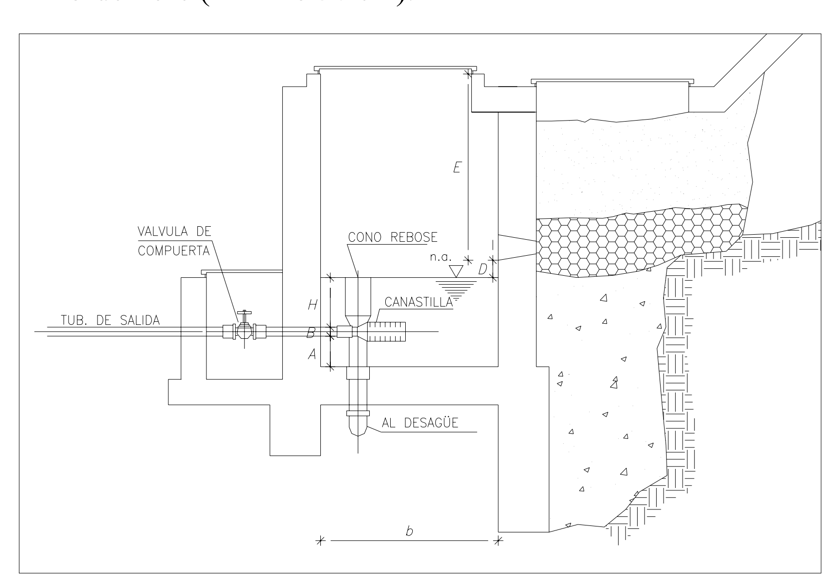


Figura 1.4 Altura total de la cámara húmeda

Para determinar la altura de la captación, es necesario conocer la carga requerida para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción. La carga requerida es determinada mediante la siguiente ecuación:

$$H = 1.56 \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H = Carga requerida en m
V = Velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción en m/s
G = Aceleración de la gravedad igual 9,81 m/s^2

Se recomienda una altura mínima de H = 30 cm

✓ <u>Dimensionamiento de la canastilla</u>

Para el dimensionamiento se considera que el diámetro de la canastilla debe ser dos veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (Dc); que el área total de ranuras (At) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción; y que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a 3 Dc y menor de 6Dc.

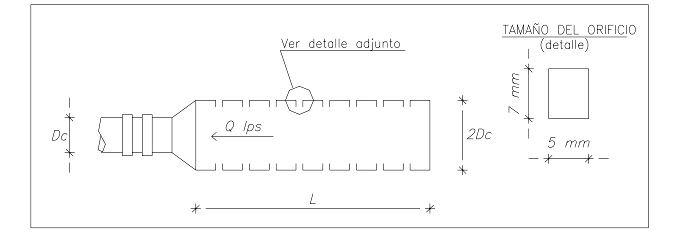


Figura 1.5 Canastilla de salida

At = 2 Ac

Donde:

$$A_c = \frac{\pi D_c^2}{4}$$

Conocidos los valores del área total de ranuras y el área de cada ranura se determina el número de ranuras:

$$N°ranuras = \frac{Área\ total\ de\ ranuras}{Área\ de\ ranuras} + 1$$

Tubería de rebose y limpia

En la tubería de rebose y de limpia se recomienda pendientes de 1 a 1,5% y considerando el caudal máximo de aforo, se determina el diámetro mediante la ecuación de Hazen y Williams (para C=140).

$$D = \frac{0.71 Q^{0.38}}{S^{0.21}}$$

Donde:

D = Diámetro en pulgadas
Q = Gasto máximo de la fuente en lps
S = Pérdida de carga unitaria en m/m

b) Diseño estructural

Para el diseño estructural se considera el muro sometido al empuje de la tierra cuando la caja está vacía. Si está llena, el empuje hidrostático tiene un componente en el empuje de la tierra, favoreciendo de esta manera la estabilidad del muro.

Las cargas consideradas son: el peso propio, el empuje de la tierra y la subpresión.

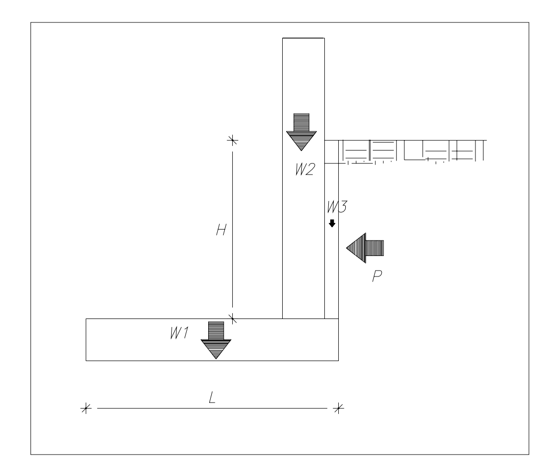


Figura 1.6 Muro de gravedad

Para garantizar la estabilidad del muro, se debe verificar que la carga unitaria sea igual o menor a la capacidad de la carga del terreno; mientras que para garantizar la estabilidad del muro al deslizamiento y al volteo, se deberá verificar un coeficiente de seguridad no menor a 1,6.

✓ Empuje del suelo sobre el muro (P)

$$P = \frac{C_{ah}\delta_s h^2}{2}$$

Donde:

C_{ah} = Coeficiente de empuje $\left(C_{ah} = \frac{1 - sen\phi}{1 + sen\phi} \right)$

δ_s = Peso específico del suelo tn/m^3

h = altura del muro sujeto a presión del suelo en m

ϕ = Ángulo rozamiento interno del suelo (cohesión)

- ✓ Momento de vuelco (Mo)

$M_o = P \times Y$ donde $Y = \frac{h}{3}$

- ✓ Momento de estabilización (Mr)

Mr = W x X

Donde:

W = Peso de la estructura
X = Distancia al centro de gravedad

Para verificar si el momento resultante pasa por el tercio central se aplica la siguiente fórmula:

$$a = \frac{M_r - M_o}{W_t}$$

- ✓ Chequeo por vuelco, por carga máxima unitaria y por deslizamiento

Por vuelco

$C_{dv} = \frac{M_r}{M_o}$ donde deberá ser mayor de 1,6

Por máxima carga unitaria

$$P_1 = (4L - 6a)\frac{W_t}{L^2}$$

$$P_2 = (6a - 2L)\frac{W_t}{L^2}$$

El mayor valor que resulte de P_1 y P_2 debe ser menor o igual a la capacidad de carga del terreno.

Por deslizamiento

$$Chequeo = \frac{F}{P}$$

$F = u \times W_t$

Donde:

u = Coeficiente de fricción, suelo – estructura concreto
W_t = Peso total de la estructura.

3.3 Captación de manantial de fondo y concentrado

a) Diseño hidráulico y dimensionamiento:

✓ Cálculo del ancho de la pantalla

El ancho de la pantalla se determina sobre la base de las características propias del afloramiento, quedando definido con la condición que pueda captar la totalidad del agua que aflore del subsuelo.

✓ Cálculo de la altura total (Ht)

Para determinar la altura total de la cámara húmeda (Ht) se considera los elementos identificados, los cuales se muestran en la figura 1.7.

$H_t = A + B + C + H \leq$ Altura natural que alcanza el agua

Donde:

A = Altura del filtro (se recomienda de 10 cm)
B = Diámetro de la tubería de salida
H = Altura de agua sobre la canastilla
E = Borde libre (se recomienda como mínimo 30 cm)

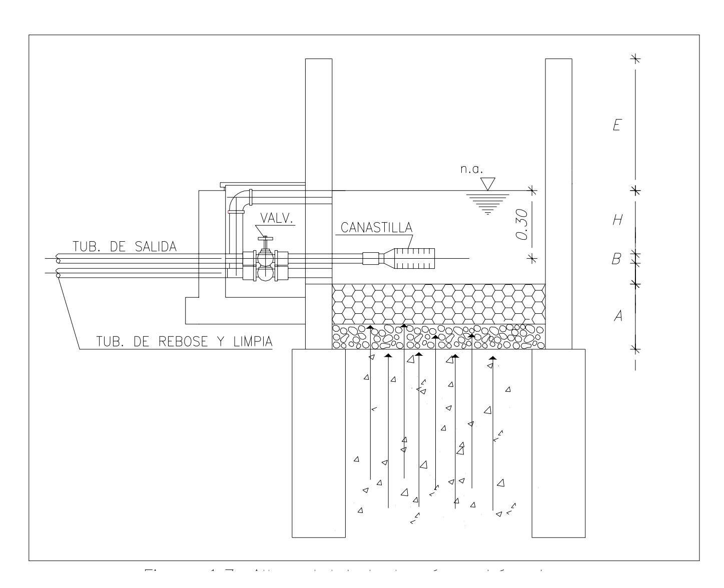


Figura 1.7 Altura total de la cámara húmeda

Para determinar la altura de la captación, es necesario conocer la carga requerida para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción. La carga requerida es determinada mediante la siguiente ecuación:

$$H = 1.56 \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H = Carga requerida en m.
V = Velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción en m/s. Se debe considerar la velocidad mínima recomendada para una línea de conducción.
g = Aceleración de la gravedad igual 9,81 m/s2.

Se recomienda una altura mínima de H = 5 cm, sobre la canastilla

✓ Dimensionamiento de la canastilla

Para el dimensionamiento se considera que el diámetro de la canastilla debe ser dos (2) veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (Dc); que el área total de ranuras (At) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción; y que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a 3 Dc y menor de 6Dc.

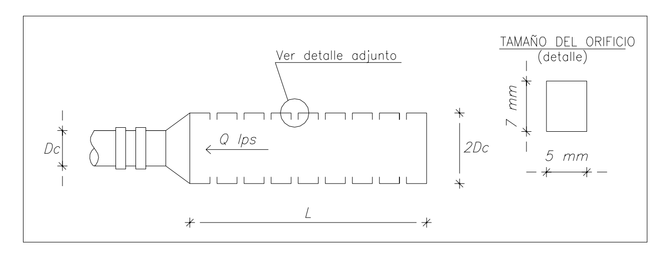


Figura 1.7 altura total de la cámara húmeda

At = 2 Ac

Donde:

$$A_c = \frac{\pi D_c^2}{4}$$

Conocidos los valores del área total de ranuras y el área de cada ranura se determina el número de ranuras:

$$N°ranuras = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranuras}} + 1$$

✓ Tubería de rebose y de limpia

En la tubería de rebose y de limpia se recomienda pendientes de 1 a 1,5% y considerando el caudal máximo de aforo, se determina el diámetro mediante la ecuación de Hazen y Williams (para C=140).

$$D = \frac{0.71Q^{0.38}}{S^{0.21}}$$

Donde:

D = Diámetro en pulgadas
Q = Gasto máximo de la fuente en lps
S = Pérdida de carga unitaria en m/m.

Capitulo IV. Construcción de captación

La captación es una estructura de concreto que sirve para proteger al manantial y recolectar el agua para abastecer a la población. Asimismo, debe cumplir con las especificaciones de estructuras apoyadas de concreto para almacenamientos de líquidos en lo referente a ubicación, encofrados y concretos.

Para el buzón de inspección se utiliza preferentemente la tapa metálica del tipo sanitaria. La ubicación y dimensión del buzón adecuada para facilitar las labores de inspección, limpieza y desinfección.

Se construirá el canal de escurrimiento, aguas arriba de la captación a fin de evitar el ingreso de aguas superficiales hacia la captación. Asimismo, se acondicionará un canal para evacuar la salida de la tubería de desagüe (limpia y rebose).

4.1 Construcción de captación en manantial de ladera

a) Aspectos generales

La captación en manantial de ladera es una estructura que permite recolectar el agua del manantial que fluye horizontalmente, llamado también de ladera.

Cuando el manantial es de ladera y concentrado, la captación consta de tres (3) partes: La primera, corresponde a la protección de afloramiento; la segunda, a una cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regular el gasto a utilizarse; y la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger a la válvula de salida.

b) Zona de afloramiento

Para proteger la zona de afloramiento del agua se realizarán las siguientes acciones:

- Definir en campo las características de los componentes de la captación, en previsión a desastres naturales en la zona.
- Deberá construirse muros en ala que sirvan de pantalla a las filtraciones subsuperficiales, las mismas que serán obligadas a ingresar en la cámara húmeda.
- Se realizará la impermeabilización del fondo del terreno excavado con una pendiente mínima de 2%, comprendido entre la cámara húmeda y las filtraciones a fin de que éstos discurran sobre aquél, y puedan ingresar en ella a través de los orificios perforados en el muro respectivo.
- Se colocará material clasificado en dos (2) capas. La capa inferior constituida por piedras con un diámetro mínimo de 2” colocadas hasta una altura de 5 cm por encima del orificio superior de entrada a la cámara recolectora. La capa superior, será de material granular de espesor de ¾” a 1” hasta cubrir completamente el nivel de las filtraciones y la excavación realizada.

- Luego, se procederá al sellado con concreto 1:4:8 de espesor no menor de 5 cm cubriendo el área comprendida entre los muros, y el comienzo de las excavaciones.

c) Cámara húmeda (colectora)

Es una estructura de concreto de sección rectangular. En esta cámara se recolectará el agua del manantial y está prevista de una canastilla, por donde saldrá el agua y pasará a la válvula de salida de la cámara seca, de una tubería de limpia y un cono de rebose que se instalará en un nivel más bajo que los puntos de afloramiento.

d) Cámara seca (de válvulas)

Es una estructura de concreto de sección rectangular. Estará separado de la cámara seca por un muro de concreto de 0,60 m de altura y 0,15 m de espesor. Se instalará una válvula de control para el registro del agua de la línea de conducción.

e) Ubicación

Será ubicada lo más cerca posible al afloramiento del manantial de ladera, con la protección necesaria ante la eventualidad de desastres naturales.

f) Excavación

La excavación para los cimientos tendrá una profundidad mínima de 0,80 m.
Se removerá el material de relleno que quede adyacente al afloramiento mismo, de tal manera que el acuífero quede completamente descubierto.
Se realizarán las excavaciones necesarias, a fin de garantizar la estabilidad de las zonas de afloramientos.

Por ningún motivo se utilizarán explosivos o detonantes para las excavaciones.

g) Cimientos

Deberán cumplir con la finalidad estructural de estabilidad y, en caso que los planos indiquen, servirán de pantallas interceptoras de corrientes subsuperficiales de agua.

h) Sellados

Todas las excavaciones deberán ser rellenadas y compactadas, si fuera necesario selladas con concreto pobre.

i) Prueba hidráulica

Se llenará de agua la cámara húmeda y se observará atentamente las fugas. Debido principalmente a la porosidad del concreto.

La prueba durará 24 horas; si no se producen filtraciones se dará por terminada la prueba; en caso contrario, se hará los resanes necesarios y se repetirá la prueba hidráulica hasta obtener resultados satisfactorios.

4.2 Construcción de captación en manantial de fondo

a) Aspectos generales

La captación en un manantial de fondo concentrado es una estructura de sección cuadrada que sirve para colectar al agua. Esta estructura recolectora estará situada directamente sobre el afloramiento.

La captación consta de dos (2) partes: la primera, corresponde a una cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regular el gasto a utilizarse; y la segunda, a una cámara seca que sirve para proteger la válvula de salida.

b) Cámara húmeda (colectora)

Es una estructura de concreto de sección rectangular. En esta cámara se recolectará el agua del manantial y está prevista de una canastilla, por donde saldrá el agua y pasará a la válvula de salida de la cámara seca, de una tubería de limpia y de rebose que se instalará en un nivel más bajo que los puntos de afloramiento. Asimismo, está prevista de una tubería de limpia.

El nivel de agua en esta cámara no deberá sobrepasar la altura natural del afloramiento.

c) Cámara seca (de válvulas)

Es una estructura de concreto de sección rectangular. Estará separado de la cámara húmeda por un muro de concreto de 0,60 m de altura y 0,15 m de espesor. Se instalará una válvula para el control del agua de la línea de conducción y una válvula para limpia o desagüe.

d) Ubicación

Serán ubicados lo más cercano posible a los afloramientos (manantiales de ladera) o sobre ellas (manantiales de fondo).

e) Excavación

La excavación para los cimientos tendrá una profundidad mínima de 0,80 m.
Se removerá el material de relleno que quede adyacente al afloramiento mismo, de tal manera que el acuífero quede completamente descubierto.
Se realizará las excavaciones necesarias a fin de garantizar la estabilidad de la zona de afloramiento.

Por ningún motivo se utilizarán explosivos o detonantes para las excavaciones.

f) Cimientos

Deberán cumplir con la finalidad estructural de estabilidad y, en caso que los planos indiquen, servirán de pantallas interceptoras de corrientes subsuperficiales de agua.

g) Sellados

Todas las excavaciones deberán ser rellenadas y compactadas, si fuera necesario selladas con concreto pobre.

h) Prueba hidráulica

Se llenará de agua la cámara húmeda y se observará atentamente las fugas. Debido principalmente a la porosidad del concreto.

La prueba durará 24 horas; si no se producen filtraciones se dará por terminada la prueba; en caso contrario, se hará los resanes necesarios y se repetirá la prueba hidráulica hasta obtener resultados satisfactorios.

Bibliografía

- Agüero Pittman, Roger. Agua Potable para Poblaciones Rurales - Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento, Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), Reimpreso 2003.
- Azevedo Netto J.M.-Acosta A. Guillermo, Manual de Hidráulica, 1975.
- Centro Internacional de Agua y Saneamiento-CIR, Sistemas de Abastecimiento de Agua para Pequeñas Comunidades.
- CEPIS, Lima 1988.
- CEPIS, Especificaciones Técnicas para el diseño de captaciones de ladera, 2003.
- CEPIS, Especificaciones Técnicas para el diseño de captaciones de fondo, 2003.
- Dirección General Saneamiento Ambiental (DIGESA), Especificaciones técnicas para la construcción de captaciones.
- Fondo Nacional de Compensación y Desarrollo Social (FONCODES), Especificaciones técnicas para la construcción de captaciones.
- Meuli C. & Wehrle K., Spring Catchment – Series of manuals on drinking water supply – Volumen 4, Swiss Center for Development Cooperation in Technology and Management – SKAT, Suiza, 2001.
- Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos- Dirección General de Saneamiento Básico, Reglamento técnico de proyectos de agua potable para poblaciones menores de 5,000 habitantes, Bolivia, 1999.
- Muñoz R. Marcelo. Guías para diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos para localidades del área rural,
- PRONASAR, Proyecto "Norma general para el diseño de infraestructura de agua y saneamiento para Centros poblados Rurales.
- Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Instructivo para estudio y proyecto de abastecimiento de agua potable. México, 1980.
- Servicios Múltiples de tecnologías apropiadas, Manual técnico de aprovisionamiento rural de agua, La Paz-Bolivia, 1983.
- Zecenarro E., Consideraciones para el diseño de sistemas de agua potable para el medio rural, Programa de Salud Comunitaria en el Trapecio Andino – PSCTA, Perú, 1994.